

**Fuel cell installation with a gas generation system and a fuel cell system**

Patent Number: ☐ [US2003035988](#)  
Publication date: 2003-02-20  
Inventor(s): GRAAGE KLAUS (DE)  
Applicant(s): BALLARD POWER SYSTEMS AG (DE)  
Requested Patent: ☐ [DE10139608](#)  
Application Number: US20020218180 20020812  
Priority Number(s): DE20011039608 20010811  
IPC Classification: H01M8/04; B60L11/18; H01M8/06  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

A fuel cell installation containing a gas generation system, for the production of a hydrogen-containing gas, and a fuel cell system, which comprises a fuel cell, a compressor, an expander that is coupled with the compressor and a burner, the exhaust gases of which are directed to the expander. The gas generation system and the fuel cell system are designed as independent modules with respect to the supply of energy and process streams. Energy storage and energy conversion devices are arranged between the expander and the compressor in the fuel cell system

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Off enlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 39 608 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 M 8/04**

②① Aktenzeichen: 101 39 608.2  
②② Anmeldetag: 11. 8. 2001  
④③ Offenlegungstag: 27. 2. 2003

**DE 101 39 608 A 1**

⑦① Anmelder:  
Ballard Power Systems AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Graage, Klaus, Dipl.-Ing., 73230 Kirchheim, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Brennstoffzellenanlage mit einem Gaserzeugungssystem und einem Brennstoffzellensystem

⑤⑦ Eine Brennstoffzellenanlage umfaßt wenigstens ein Gaserzeugungssystem zur Erzeugung von wasserstoffhaltigem Gas und wenigstens ein Brennstoffzellensystem, welches wenigstens eine Brennstoffzelle, einen Verdichter, einen mit dem Verdichter gekoppelten Expander und einen Brenner aufweist, dessen Abgase in den Expander einströmen. Neben den Abgasen aus einem Anodenraum und einem Kathodenraum der Brennstoffzelle ist dem Brenner optional auch zusätzlicher Brennstoff zuführbar. Das Gaserzeugungssystem und das Brennstoffzellensystem sind hinsichtlich ihrer Versorgung mit Energie und Betriebsstoffen als unabhängige Module ausgebildet. In dem Brennstoffzellensystem sind zwischen dem Expander und dem Verdichter Energiespeicher- und/oder Energieumwandlungseinrichtungen angeordnet.

**DE 101 39 608 A 1**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenanlage mit wenigstens einem Gaserzeugungssystem zur Erzeugung von wasserstoffhaltigem Gas und wenigstens einem Brennstoffzellensystem, nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.

[0002] Aus der DE 197 55 116 C1 ist ein gattungsgemäßes Brennstoffzellensystem bekannt, bei welchem die Luftversorgung der Brennstoffzelle über einen Verdichter realisiert ist, welcher zumindest einen Teil seiner benötigten Energie aus einem Expander erhält. Der Expander wird dabei von den heißen Abgasen eines Brenners, hier insbesondere eines katalytischen Brenners, angetrieben. In dem Brenner werden Abgase aus Anoden- und Kathodenraum der Brennstoffzelle verbrannt, in welchen noch Sauerstoff Brennstoffreste enthalten sind, welche durch die Brennstoffzelle nicht umgesetzt wurden.

[0003] Zum Ausgleich von höheren Leistungsanforderungen durch den Verdichter besteht bei dem gattungsgemäßen Aufbau die Möglichkeit über die Zugabe von Methanol als weiteren Brennstoff die Temperatur zu erhöhen, so daß der Expander mehr Leistung für den Verdichter bereitstellen kann.

[0004] Der Aufbau weist den Nachteil auf, daß bei dynamisch sehr stark schwankenden Leistungsanforderungen durch den Verdichter nur sehr ungenügend schnell reagiert werden kann. Insbesondere hinsichtlich der Geschwindigkeit dieser dynamischen Leistungsanforderungen tritt das Problem auf, daß häufig diese nicht erfüllbar sind. Der Verdichter muß daher zusätzlich einen weiteren Antrieb, beispielsweise einen Elektromotor, aufweisen, um ihn in allen Situationen sicher betreiben zu können.

[0005] Des weiteren kennt der Stand der Technik Brennstoffzellensysteme, welche die in dem katalytischen Brenner, wie er oben beschrieben wurde, anfallende Energie nutzen um damit das Gaserzeugungssystem bzw. einzelne Komponenten desselben mit thermischer Energie zu versorgen. Dies bietet sicherlich Vorteile hinsichtlich des Systemwirkungsgrades.

[0006] Darüber hinaus schafft diese unmittelbare energetische Kopplung zwischen Brennstoffzellensystem und Gaserzeugungssystem allerdings einige Nachteile. Beispielsweise wird der Betrieb der gesamten Anlage in der Startphase erschwert, da zum Beheizen das Abgas der im allgemeinen als letztes angeordneten Komponente benötigt wird, alle anderen Bauteile also zuerst hochgeheizt und durchströmt werden müssen. Außerdem wird die gesamte Anlage durch die direkte energetische Kopplung sehr stör anfällig, da Störungen des einen Teils automatisch Störungen des anderen Teils der Anlage nach sich ziehen, welche ansonsten evtl. zu vermeiden wären. Beispielsweise können katalytische Brenner degradieren, so daß die erforderliche Temperatur – zum Beispiel zur Reformierung oder dergleichen – nicht mehr zu erzielen ist, obwohl die anderen Teile der Anlage problemlos arbeiten stört dies den gesamten Ablauf. Die Anlage kommt zum Stillstand, da das Gaserzeugungssystem und das Brennstoffzellensystem immer unmittelbar aufeinander abgestimmt und miteinander verknüpft sind.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Brennstoffzellenanlage zu schaffen, welche sehr störungsarm und hinsichtlich der dynamischen Anforderungen an die Luftversorgung sehr flexibel betreibbar ist, und welche bei ihrer mit minimalem Aufwand an die jeweils erforderlichen Leistungsanforderungen angepaßt werden kann.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0009] Durch den modularen Aufbau ergeben sich massive Vorteile bei der Herstellung, Dimensionierung und Kombination einer derartigen Brennstoffzellenanlage. Das Gaserzeugungssystem und das Brennstoffzellensystem müssen nicht bereits im Vorfeld aufeinander abgestimmt sein, sondern können untereinander annähernd beliebig kombiniert werden, so daß eine Leistungsanpassung verschiedener Systeme aneinander sehr leicht möglich wird.

[0010] Aus fertigungstechnischer Sicht ist diese Bauweise aus Modulen daher ideal. Verschiedene Module können unabhängig voneinander hergestellt und erst dann zusammengesetzt werden.

[0011] Dadurch, daß die Beheizung des Gaserzeugungssystems von dem Abgas des Brennstoffzellensystems unabhängig wird, steigt die Systemzuverlässigkeit der Anlage erheblich.

[0012] Dynamische Anforderungen im Bereich der Luftversorgung können durch den Aufbau besser bewältigt werden, als dies beim Stand der Technik der Fall war. Dazu verhilft der Brennstoffzellenanlage die Kopplung von Kompressor und Verdichter über die Energiespeicher- und/oder Energieumwandlungseinrichtungen.

[0013] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind diese Energiespeicher- und/oder Energieumwandlungseinrichtungen als Elektromaschine mit daran angeschlossenen Energiespeicher ausgebildet. Die vom Expander gelieferte Energie, welche aktuell nicht von dem Verdichter benötigt wird kann damit zwischengespeichert und bei Bedarf wieder freigegeben werden. Als Energiespeicher sind Batterien oder Super-Caps denkbar. Hinsichtlich der dynamischen Anforderungen wäre sicherlich auch eine Kombination von beiden vorteilhaft, da hier der Super-Cap die Stromspitzen gegenüber der Batterie glätten und den hochdynamischen Anteil der Speicherung übernimmt.

[0014] In der besonders günstigen Weiterbildung dieses erfinderischen Gedankens könnte auch ein Schwungrad eingesetzt werden, welches ähnlich wie der Super-Cap den hochdynamischen Anteil der Speicherung übernimmt. Da hier keine zweifache Umwandlung der Energie von mechanischer Energie in elektrischen Energie und wieder zurück notwendig wird, verbessert sich der Wirkungsgrad.

[0015] In einer sehr vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Brennstoffzellenanlage wird zur Erzeugung des wasserstoffhaltigen Gases in dem Gaserzeugungssystem der Brennstoffzellenanlage wenigstens eine partielle Oxidationseinrichtung eingesetzt.

[0016] Da für die partielle Oxidation keine Zufuhr von thermischer Energie benötigt wird, wie beispielsweise für die Reformierung, kann der Aufbau in unabhängigen Modulen so ideal realisiert werden. In dem Gaserzeugungssystem wird dann nämlich lediglich für die Verdampfung der Einsatzstoffe, beispielsweise Wasser und ein Kohlenwasserstoffderivat, thermische Energie benötigt. Diese kann beispielsweise mittels einer elektrischen Beheizung oder dergleichen bereitgestellt werden.

[0017] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen und den anhand der Zeichnung nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen.

[0018] Es zeigt:

[0019] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Aufbaus einer Brennstoffzellenanlage gemäß der Erfindung;

[0020] Fig. 2 eine Darstellung einer möglichen Anordnung von Energiespeicher- und oder Energieumwandlungseinrichtungen; und

[0021] Fig. 3 ein alternativer Aufbau einer Brennstoffzellenanlage gemäß der Erfindung.

[0022] Fig. 1 zeigt eine stark schematisierte Darstellung

einer Brennstoffzellenanlage 1 mit einem Gaserzeugungssystem 2 und einem Brennstoffzellensystem 3.

[0023] Das Gaserzeugungssystem 2 erzeugt in an sich bekannter Weise aus flüssigen Einsatzstoffen, beispielsweise aus Wasser  $H_2O$  und aus einem Kohlenwasserstoffderivat  $C_nH_mOH$ , ein wasserstoffhaltiges Gas, welches über ein Leitungselement 4 einem Anodenraum 5 einer Brennstoffzelle 6 zugeführt wird. Das Gaserzeugungssystem 2 beinhaltet einen Verdampfer 7, eine partielle Oxidationsstufe 8 und eine selektive Oxidationsstufe 9 zum Entfernen von im wasserstoffhaltigen Gas enthaltenem Kohlenmonoxid. Anstelle der partiellen Oxidationsstufe 8 könnte beispielsweise auch ein an sich bekannter Reformier- oder dergleichen vorgesehen sein, der einen vergleichbaren Umsatz der Einsatzstoffe zu einem wasserstoffhaltigen Gas ermöglicht.

[0024] Wenn das wasserstoffhaltige Gas über das Leitungselement 4 in den Anodenraum 5 der Brennstoffzellen 6 gelangt ist, wird es dort in an sich bekannter Weise mit Luft-sauerstoff zu Wasser und elektrischer Energie umgesetzt. Der Luftsauerstoff wird über ein Luftmodul 10 zu einem Kathodenraum 11 der Brennstoffzelle 6 gefördert. Das Luftmodul 10, welches Teil des Brennstoffzellensystems 3 ist, weist wenigstens einen Verdichter 12 auf, über welchen Umgebungsluft verdichtet und dem Kathodenraum 11 der Brennstoffzelle 6 zugeführt wird. Des weiteren weist das Luftmodul 10 einen Expander 13 auf, auf dessen genaue Funktionsweise später noch eingegangen wird. Der Expander 13 dient prinzipiell zur Rückgewinnung von Energie aus der Brennstoffzellenanlage 1 und ist über Energiespeicher- und Energieumwandlungseinrichtungen 14 mit dem Verdichter 12 gekoppelt.

[0025] Die Abgase, welche aus dem Anodenraum 5 und dem Kathodenraum 11 der Brennstoffzelle 6 ausströmen, enthalten im allgemeinen noch Reste an Sauerstoff, Wasserstoff und gegebenenfalls nicht umgesetzte Reste des Kohlenwasserstoffderivats. Diese Abgase werden in einem Mischer 15 miteinander vermischt und einem Brenner 16 zugeführt. In diesem Brenner 16 werden die Abgase verbrannt und ihr chemischer Energieinhalt wird in thermische Energie umgesetzt, wobei die Verbrennung als reine Flammenverbrennung oder auch als katalytische Verbrennung erfolgen kann.

[0026] Die heißen Abgase strömen dann über ein Leitungselement 17 in den Expander 13 und werden dort entspannt. In dem Expander 13 geben sie dabei einen Großteil ihrer Energie ab, welcher dann durch die Kopplung des Expanders 13 mit dem Verdichter 12 über die Energiespeicher- und Energieumwandlungseinrichtungen 14 zur Verfügung gestellt wird, um den Verdichter 12 anzutreiben.

[0027] Optional ist dem Brenner 16 dabei über eine Leitung 18 zusätzlicher Brennstoff zuführbar, so daß die Energieausbeute durch den Expander 13 erhöht werden kann. Als zusätzlicher Brennstoff, welcher über die Leitung 18 dem Brenner 16 zugeführt wird, bietet sich insbesondere das in der Brennstoffzellenanlage 1 ohnehin eingesetzte kohlenstoff- und wasserstoffhaltige Medium, hier beispielsweise ein Kohlenwasserstoffderivat  $C_nH_mOH$ , an.

[0028] In Fig. 1 ist der modulare Aufbau sowohl des Gaserzeugungssystems 2 als auch des Brennstoffzellensystems 3, bestehend aus Brennstoffzelle 6, Luftmodul 10 und Brenner 16, zu erkennen. Auf die energetische Rückkopplung zwischen dem Brenner 16 und dem Verdampfer 7 bzw. der zur Umsetzung des Kohlenwasserstoffderivats eingesetzten Reaktorstufe, beispielsweise eines Reformers oder dergleichen, wird bei diesem Aufbau bewußt verzichtet. Günstig wirkt sich dies insbesondere darauf aus, daß verschiedene Gaserzeugungssysteme 2 mit verschiedenen Brennstoffzellensystemen 3 kombiniert werden können und daß eine di-

rekte konstruktive Abstimmung der beiden Anlagen aufeinander hinsichtlich Leistung, Energieverbrauch und dergleichen nicht oder nur in sehr geringem Maße nötig ist.

[0029] Die durch den Brenner 16 aus der Brennstoffzellenanlage 1 zurückgewonnene Energie aus den Abgasen der Brennstoffzelle 6 läßt sich über den Expander 13 entweder unmittelbar dem Verdichter 12 zur Verfügung stellen oder in den Energiespeicher- und Energieumwandlungseinrichtungen 14 umwandeln und/oder zwischenspeichern.

[0030] Fig. 2 zeigt nun eine Möglichkeit, die Energiespeicher- und Energieumwandlungseinrichtungen 14 aufzubauen. Zwischen dem Verdichter 12 und dem Expander 13, welche in der oben bereits genannten Art in das Brennstoffzellensystem 3 eingebunden sind, sind diese Energiespeicher- und Energieumwandlungseinrichtungen 14 erkennbar. Über entsprechende Getriebeeinrichtungen 19 sowie Kupplungen 20 sind in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel als derartige Einrichtungen 14 ein Schwungrad 21 und eine Elektromaschine 22 in die mechanische Verbindung zwischen dem Expander 13 und dem Verdichter 12 eingesetzt. Über die Kupplungen 20 können diese je nach Bedarf von dem Expander 13 angetrieben werden oder treiben ihrerseits den Verdichter 12 an.

[0031] In einem ersten Beispiel soll auf das Schwungrad 21 eingegangen werden. Wird durch den Expander 13 Energie bereitgestellt, so kann bei geschlossener Kupplung 20 zwischen dem Schwungrad 21 und dem Expander 13 das Schwungrad 21 beschleunigt werden. Wird die weiterführende Kupplung 20 zwischen dem Schwungrad 21 und dem Verdichter 12 ebenfalls geschlossen, so ist gleichzeitig der Antrieb des Verdichters 12 mit einer entsprechenden Leistung möglich. Wird nun durch die Brennstoffzelle 6 besonders viel Energie in den Abgasen zur Verfügung gestellt, so kann das Schwungrad 21 die Energie zwischenspeichern, welche der Verdichter 12 aktuell nicht benötigt. Bei einer schlagartig ansteigenden Leistungsanforderung durch den Verdichter 12, welche beispielsweise von dem Expander 13 nicht erfüllt werden kann, kann die in dem Schwungrad 21 gespeicherte Energie genutzt werden, um die Leistungsanforderung des Verdichters 12 zu erfüllen. Insbesondere starke dynamische Schwankungen in der Leistungsanforderung lassen sich durch das Schwungrad 21 dabei kompensieren.

[0032] Als zweites soll der andere Antriebsstrang beschrieben werden, bei dem die Elektromaschine 22 integriert ist. Die Elektromaschine 22 kann bei einem Überangebot an Leistung durch den Expander 13 als Generator betrieben werden, wobei die dann von der Elektromaschine 22 erzeugte elektrische Energie in eine Energiespeichereinrichtung 23 gelangt und dort gespeichert wird. Liegt die Leistungsanforderung des Verdichters 12 nun über der durch den Expander 13 bereitzustellenden Leistung, so kann die Elektromaschine 22 als Elektromotor betrieben werden, welcher seine Energie aus der Energiespeichereinrichtung 23 erhält und welcher den Verdichter 12 antreiben kann.

[0033] Bei der Energiespeichereinrichtung 23 kann es sich dabei insbesondere um eine Batterie handeln, beispielsweise die für das Fahrzeug und den Rest der Brennstoffzellenanlage 1 ohnehin benötigte Batterie. Grundlegend wäre neben der Batterie jedoch auch ein Super-Cap denkbar, welcher insbesondere bei dynamischen Anforderungen Vorteile gegenüber der Batterie aufweist, da die Verluste bei mit hohen Strömen eingeladener Leistung im Gegensatz zur Batterie vergleichsweise klein sind.

[0034] Als Weiterbildung davon wäre natürlich auch die Kombination von Super-Cap und Batterie denkbar, so daß bei dynamisch sehr stark schwankenden Leistungen der Super-Cap als Zwischenpuffer dient, welcher die bei einem

sehr hohen Strom schlagartig anfallende Leistung aufnimmt und diese dann langsam mit geregelter Ladestrom an die Batterie weitergibt, um die Batterieverluste möglichst gering zu halten. Eine derartige Anordnung mit Elektromaschine 22 sowie Super-Cap und Batterie als Energiespeicher 23 wäre entgegen der Darstellung in Fig. 2 selbstverständlich auch als alleinige Anordnung denkbar, dann könnte prinzipiell auf das Schwungrad 21 verzichtet werden.

[0035] Grundsätzlich wäre es jedoch auch denkbar, daß ausschließlich das Schwungrad 21 vorhanden ist, eine Kombination von Schwungrad 21 einerseits und Elektromaschine 22 mit Energiespeicher 23 bietet jedoch die größte Variabilität hinsichtlich der Rückgewinnung der Energie durch den Expander 13 und der Energieversorgung des Verdichters 12, wobei hier sehr leicht eine sehr hohe dynamische Anforderung erfüllt werden kann.

[0036] Fig. 3 zeigt nun ein Ausführungsbeispiel des Brennstoffzellensystems 1, wobei hier ein gemeinsamer Kühlkreislauf 24, welcher hier mit Strich-zwei punktierten Linien dargestellt ist, vorgesehen ist. Dieser gemeinsame Kühlkreislauf 24 dient primär zur Kühlung der Brennstoffzelle 6, welche dazu in einem Kühlbereich 25 von dem in dem Kühlkreislauf 24 strömenden Medium, beispielsweise ein Wasser/Trostschutzmittel-Gemisch, durchströmt wird. Der Kühlkreislauf 24, welcher in an sich bekannter Weise eine Kühlmittelfördereinrichtung aufweist, welche hier jedoch nicht dargestellt ist, umfaßt neben dem Kühlbereich 25 der Brennstoffzelle 6 einen Ladeluftkühler 26 sowie einen Fahrzeugkühler 27. Der Fahrzeugkühler 27 ist hier beispielhaft mit einem Gebläse 28 dargestellt und dient in an sich bekannter Weise zur Abfuhr der in dem Kühlkreislauf 24 vorliegenden thermischen Energie an die Umgebung, an eine Innenraumheizung oder dergleichen.

[0037] Außerdem durchströmt das in dem Kühlkreislauf 24 strömende Kühlmedium einen Temperierungsbereich 29 der selektiven Oxidationseinrichtung 9. Der Temperierungsbereich 29 der selektiven Oxidationseinrichtung 9 ist in dem Kühlkreislauf 24 als in Strömungsrichtung des Kühlmediums letzte Komponente vor dem Fahrzeugkühler 27 angeordnet, so daß das Kühlmedium hier eine vergleichsweise hohe Temperatur hat. Damit läßt sich einerseits die für die idealen Abläufe in der selektiven Oxidationseinrichtung 9 gewünschte Temperatur, welche vergleichsweise hoch ist, besser beeinflussen, und andererseits kann in der Startphase über den Kühlkreislauf 24 ein Aufheizen der selektiven Oxidationseinrichtung 9 über den Temperierungsbereich 29 durch das Kühlmedium erfolgen.

[0038] Optional kann der Kühlkreislauf 24 außerdem über einen Wärmetauscher 30 im Bereich des Leitungselements 17 verfügen. Über diesen bei Bedarf zuschaltbaren Wärmetauscher 30 kann von dem Brenner 16 erzeugte thermische Energie in den Kühlkreislauf eingebracht werden, dieser kann also sehr schnell erwärmt werden.

[0039] Dies spielt insbesondere in der Startphase der Brennstoffzellenanlage 1 eine entscheidende Rolle, da so sämtliche Komponenten sehr schnell auf die erforderliche Betriebstemperatur erwärmt werden können. Insbesondere kann über den Temperierungsbereich 29 die selektive Oxidationseinrichtung 9 durch den Kühlkreislauf 24 mit aufgeheizt werden, so daß diese bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt eine so hohe Temperatur hat, daß sie das bei ihr anfallende Kohlenmonoxid in dem wasserstoffhaltigen Gasstrom zu Kohlendioxid oxidieren kann. Erst wenn nämlich der Kohlenmonoxidgehalt in dem wasserstoffhaltigen Gasstrom, welcher durch das Leitungselement 4 strömt, unter eine bestimmte, sehr kleine Konzentration abfällt, kann der Anodenraum 5 der Brennstoffzelle 6 durchströmt werden, so daß die Brennstoffzelle 6 ihren Betrieb aufnehmen kann.

Zuvor, wenn in der Startphase vergleichsweise viel Kohlenmonoxid in dem wasserstoffhaltigen Gas strömt, muß der Anodenraum 5 der Brennstoffzelle 6 über eine Bypassleitung 31 umgangen werden, so daß das in dem Gasstrom enthaltene Kohlenmonoxid die Elemente der Brennstoffzelle 6 nicht beeinträchtigen kann.

[0040] Ebenso wie der Anodenraum 5 der Brennstoffzelle 6 verfügt auch der Kathodenraum 11 der Brennstoffzelle 6 über eine Bypassleitung 32 für die Startphase, welche dafür sorgt, daß die von dem Verdichter 12 verdichtete Luft unmittelbar dem Mischer 15 und damit dem Brenner 16 zugeführt wird. Besonders günstig ist es dabei, wenn – wie in Fig. 3 dargestellt – der Bypass so ausgebildet ist, daß der sowohl den Kathodenraum 11 der Brennstoffzelle 6 als auch den Ladeluftkühler 26 umgeht, so daß die in der Startphase im Bereich des Mixers 15 ankommende Luft vergleichsweise heiß ist und somit zu einer Steigerung des Wirkungsgrads im Bereich des Brenners 16 beiträgt und gegebenenfalls noch in flüssiger Form in dem wasserstoffhaltigen Gasstrom enthaltene Stoffe verdampft, ehe diese den Brenner 16 erreichen.

[0041] Neben diesen für den Startbetrieb der Brennstoffzellenanlage 1 benötigten Bypassleitungen 31, 32 sowie dem optionalen Wärmetauscher 30 für die Startphase, weist die Brennstoffzellenanlage 1 für den regulären Betrieb zwei Leitungselemente 33 auf, über welche das von dem Mischer 15 zu dem Brenner 16 strömende Abgas über einen zweiten Temperierungsbereich 34 der selektiven Oxidationseinrichtung 9 geführt werden kann. Im regulären Betrieb wird dieses zumindest teilweise über den Temperierungsbereich 34 der selektiven Oxidationseinrichtung 9 strömende Abgas zur Kühlung der selektiven Oxidationsstufe 9 dienen. Gleichzeitig wird die von der selektiven Oxidationsstufe 9 abgeführte thermische Energie über Leitungselemente 33 und das sie durchströmende Abgas der Brennstoffzelle 6 dem Brenner 16 und damit letztendlich auch dem Expander 13 zugeführt und kann so zumindest teilweise zurückgewonnen werden.

[0042] Das Gaserzeugungssystem 2 ist in dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel mittels zwei partieller Oxidationsstufen 8a, 8b ausgebildet. Diese partiellen Oxidationsstufen 8a, 8b werden in der schematischen Darstellung der Fig. 3 lediglich von einem Verdampfer 7 mit verdampftem Gemisch aus Wasser und Kohlenwasserstoffderivat versorgt. Grundsätzlich wäre es selbstverständlich auch möglich, daß jede der partiellen Oxidationsstufen 8a, 8b über einen eigenen Verdampfer 7 verfügt.

[0043] Besonders günstig ist ein derartiger Einsatz von mehreren partiellen Oxidationsstufen 8a, 8b, welche jeweils parallel geschaltet sind, insbesondere in der Startphase einer derartigen Brennstoffzellenanlage 1. Beim Erwärmen des Gaserzeugungssystems 2 der Brennstoffzellenanlage 1 kann dann nämlich lediglich eine der partiellen Oxidationsstufen 8a auf die für den bestimmungsgemäßen Betrieb erforderliche Temperatur erwärmt werden, was aufgrund der geringeren Massen schneller erfolgen kann, als wenn die gesamten vorhandenen partiellen Oxidationsstufen 8a, 8b erwärmt werden müssen. Erst nachdem über diese eine erwärmte partielle Oxidationsstufe 8a der Betrieb der Brennstoffzellenanlage 1 möglich ist, können die restlichen partiellen Oxidationsstufen 8b erwärmt werden, so daß dann die volle Leistung der Brennstoffzellenanlage 1 zur Verfügung steht. Somit läßt sich die für den Start erforderliche Aufwärmzeit der Brennstoffzellenanlage 1 in idealer Weise verkürzen.

[0044] Die Luftversorgung bzw. Sauerstoffversorgung des Gaserzeugungssystems 2 der Brennstoffzellenanlage 1 erfolgt über einen Hochdruckverdichter 35, welcher über ein Leitungselement 36 mit von dem Verdichter 12 verdichteter

bzw. vorverdichteter Luft versorgt wird.

[0045] Von dem Hochdruckverdichter 35 werden die beiden partiellen Oxidationsstufen 8a, 8b sowie die selektive Oxidationseinrichtung 9 mit der erforderlichen Luft bzw. dem darin enthaltenen Sauerstoff versorgt. Des weiteren führt ein Leitungselement 37 zu dem Leitungselement 4, um auch dort Luft bzw. Sauerstoff in den wasserstoffhaltigen Gasstrom eindosieren zu können. Diese als "Air Bleed" bekannte Luftdosierung in den Gasstrom für die Anode fördert in allgemein bekannter Weise die stabile Funktion des Brennstoffzellensystems 3 der Brennstoffzellenanlage 1.

[0046] Die beiden Systeme 2, 3 der Brennstoffzellenanlage 1 bleiben auch hier prinzipiell unabhängig, lediglich die Vorverdichtung der Luft für das Gaserzeugungssystem 2 wird durch den Verdichter 12 des Brennstoffzellensystems 3 übernommen, hinsichtlich Dosierung und dergleichen muß jedoch kein unmittelbarer Zusammenhang bestehen, so daß diese Systeme weiterhin unabhängig voneinander ausgebildet sind. Auch der gemeinsame Kühlkreislauf 24, bei welchem der Temperierungsbereich 29 der selektiven Oxidationseinrichtung 9 zusammen mit den Komponenten des Brennstoffzellensystems 3 in den Kühlkreislauf 24 integriert werden, hängt nicht so direkt von den jeweiligen Leistungsanforderungen ab, daß hier bei der Auslegung des Gaserzeugungssystems 2 und des Brennstoffzellensystems 3 viel Abstimmungsarbeit notwendig wäre, so daß die oben erläuterte modulare Bauweise, mit ihren Vorteilen hinsichtlich der Unabhängigkeit der beiden Systeme 2, 3 zueinander, gefährdet wäre.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzellenanlage mit wenigstens einem Gaserzeugungssystem zur Erzeugung von wasserstoffhaltigem Gas und wenigstens einem Brennstoffzellensystem, welches wenigstens eine Brennstoffzelle, einen Verdichter, einen mit dem Verdichter gekoppelten Expander und einen Brenner aufweist, dessen Abgas in den Expander einströmen, wobei dem Brenner neben den Abgasen aus einem Anodenraum und einem Kathodenraum der Brennstoffzelle optional auch zusätzlicher Brennstoff zuführbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gaserzeugungssystem (2) und das Brennstoffzellensystem (3) hinsichtlich ihrer Versorgung mit Energie und Betriebsstoffen als unabhängige Module ausgebildet sind, wobei in dem Brennstoffzellensystem (3) zwischen dem Expander (13) und dem Verdichter (12) Energiespeicher- und/oder Energieumwandlungseinrichtungen (14) angeordnet sind.

2. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gaserzeugungssystem (2) zum Erzeugen des wasserstoffhaltigen Gases wenigstens eine partielle Oxidationseinrichtung (8) aufweist.

3. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die partielle Oxidationseinrichtung (8) aus wenigstens zwei parallel zueinander geschalteten partiellen Oxidationsstufen (8a, 8b) besteht.

4. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß in Strömungsrichtung vor der partiellen Oxidationseinrichtung (8) wenigstens ein Verdampfer (7) angeordnet ist.

5. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiespeicher- und/oder Energieumwandlungseinrichtung (14) wenigstens eine Elektromaschine (22) und wenigstens ein damit gekoppeltes elektrisches Energiespeichermittel (23) aufweist.

6. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche

1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiespeicher- und/oder Energieumwandlungseinrichtung (14) wenigstens ein Schwungrad (21) aufweist.

7. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gaserzeugungssystem (2) und das Brennstoffzellensystem (3) wenigstens einen gemeinsamen Kühlkreislauf (24) aufweisen.

8. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkreislauf (24) wenigstens teilweise die Temperierung einer selektiven Oxidationsstufe (9), wenigstens einen Ladeluftkühler (26) für die aus dem Verdichter (12) kommende Luft, die Kühlung der Brennstoffzelle (6) sowie einen Fahrzeugkühler (27) zur Abfuhr von Wärme an die Umgebung umfaßt.

9. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Verdichter (12) und Ladeluftkühler (26) eine Leitung (36) abzweigt, durch welche über einen weiteren Verdichter (35) Luft in den Bereich des Gaserzeugungssystems (2) förderbar ist.

10. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 8 oder 9, gekennzeichnet durch für die Startphase vorgesehene Bypassleitungen (31, 32) um den Anodenraum (5) der Brennstoffzelle (6) sowie um den Ladeluftkühler (26) und den Kathodenraum (11) der Brennstoffzelle (6).

11. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch einen für die Startphase vorgesehenen Wärmetauscher (30), welcher während der Startphase durch das in dem Kühlkreislauf (24) strömende Medium einerseits und durch die Abgase des Brenners (16) andererseits durchströmt ist.

12. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas aus der Brennstoffzelle (6) vor seinem Eintritt in den Brenner (16) über Leitungselemente (33) zu der selektiven Oxidationseinrichtung (9) in dem Gaserzeugungssystem (2) führbar ist.

13. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Brenner (16) als Flammenbrenner ausgebildet ist.

14. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Brenner (16) als katalytischer Brenner ausgebildet ist.

15. Brennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch ihre Verwendung zur Energieversorgung eines Kraftfahrzeuges, wobei als Ausgangsstoffe für die Gaserzeugung Wasser ( $H_2O$ ) und ein flüssiges Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltendes Medium, insbesondere ein Kohlenwasserstoffderivat ( $C_nH_mOH$ ), nutzbar sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

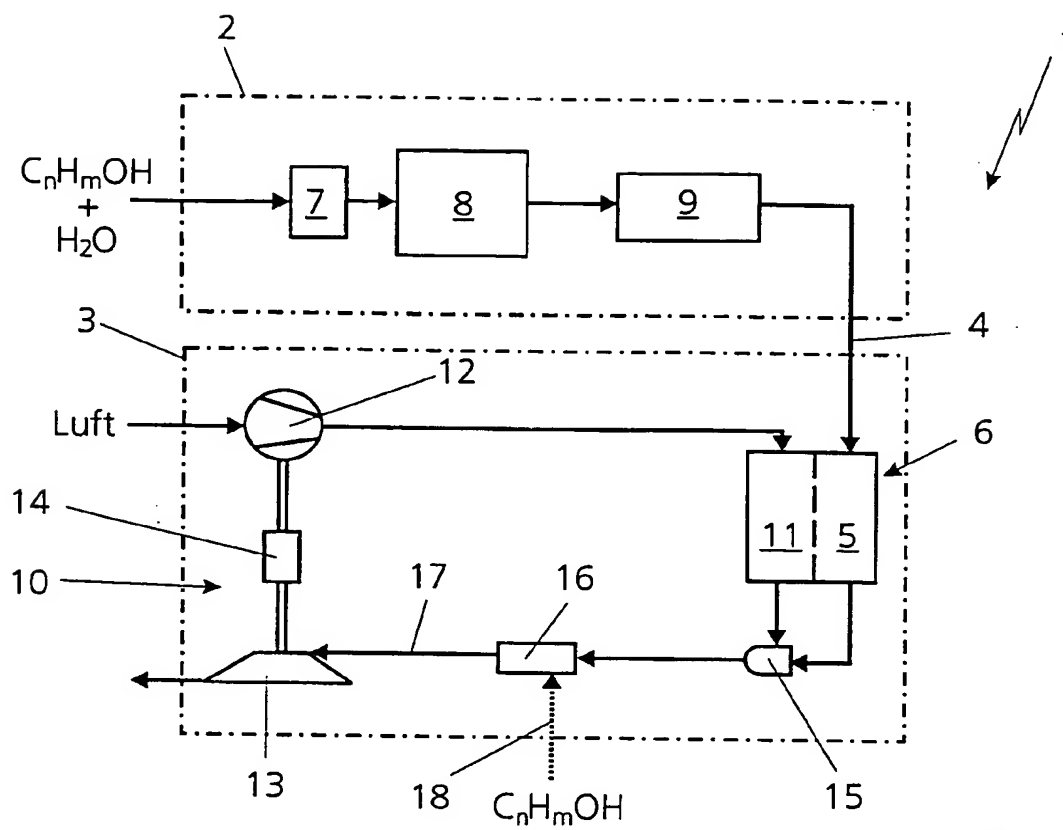


Fig. 1

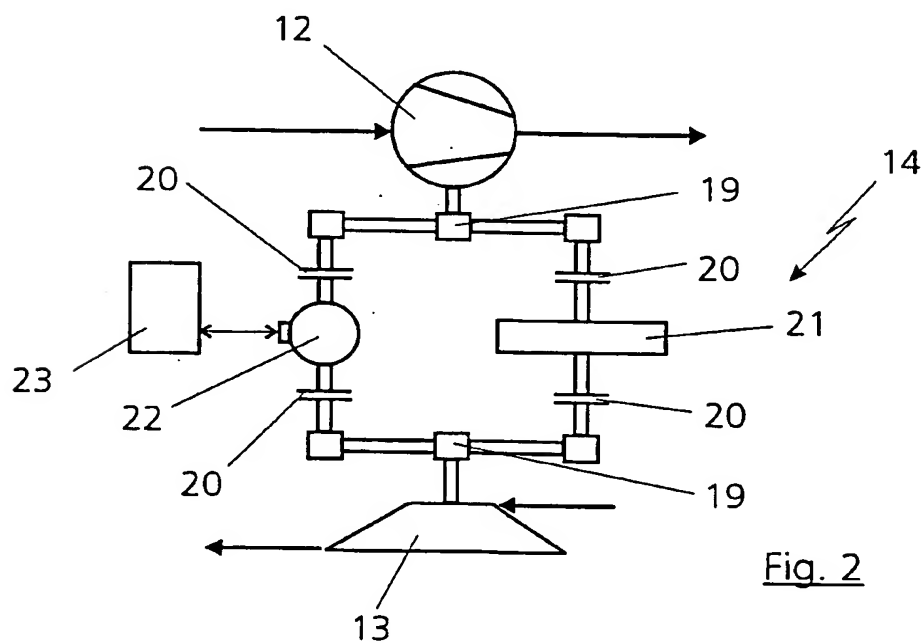


Fig. 2



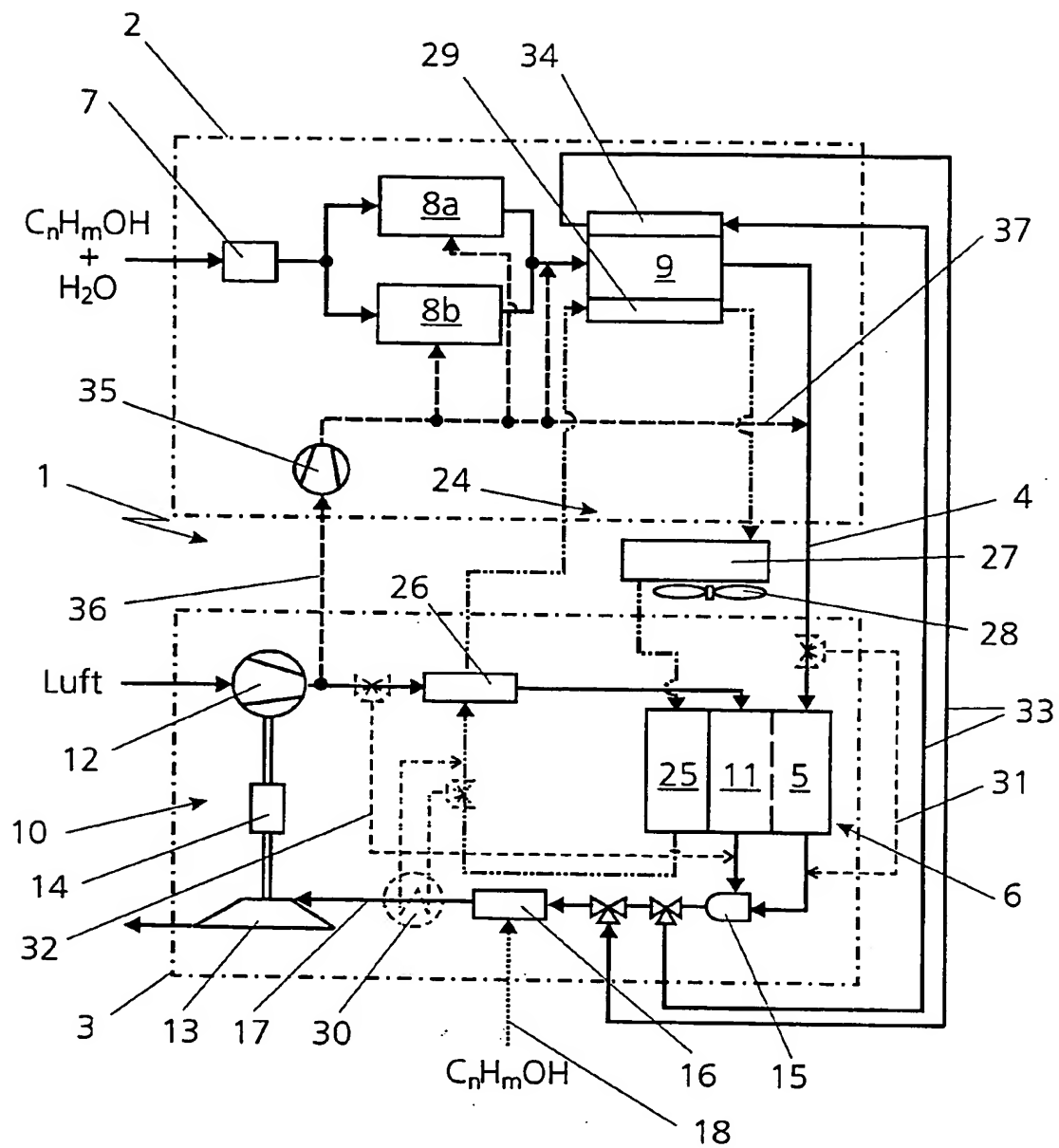


Fig. 3